



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102854884 B

(45)授权公告日 2017.09.22

(21)申请号 201210242238.6

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2012.07.02

G05D 1/10(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 102854884 A

(56)对比文件

US 2010049382 A1,2010.02.25,

US 2010152931 A1,2010.06.17,

US 2009326792 A1,2009.12.31,

US 2007179703 A1,2007.08.02,

CN 101702037 A,2010.05.05,

CN 201280226 Y,2009.07.29,

(43)申请公布日 2013.01.02

(30)优先权数据

13/173156 2011.06.30 US

(73)专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

审查员 唐捷

(72)发明人 F·萨吉奥三世

A·I·D·A·布兰科

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 姜甜 刘春元

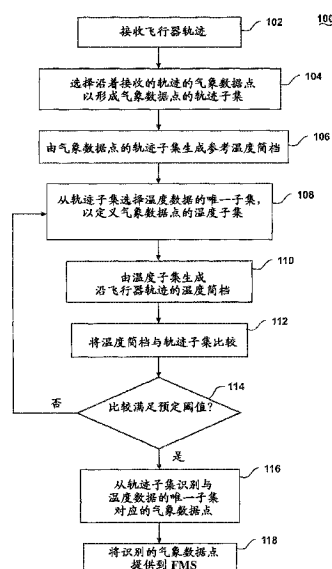
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

向飞行管理系统提供飞行器轨迹的气象信息的方法

(57)摘要

本发明名称为“与飞行器轨迹有关的气象数据选择”。一种向飞行管理系统(FMS)提供飞行器轨迹的气象信息的方法,包括:从沿着飞行器轨迹的气象数据点(202)选择温度数据点的唯一子集(206),并将对应的气象数据点发送到FMS。



1. 一种向飞行管理系统 (FMS) 提供飞行器轨迹的气象信息的方法, 所述方法包括:
 - a) 接收所述飞行器轨迹;
 - b) 从气象数据库选择沿所接收的飞行器轨迹的兼包含温度和风数据的气象数据点, 以形成气象数据点的轨迹子集;
 - c) 由气象数据点的所述轨迹子集生成参考轨迹温度简档;
 - d) 从所述轨迹子集选择温度数据的唯一子集, 以定义所述气象数据点的温度子集;
 - e) 由所述温度子集生成沿所述飞行器轨迹的温度简档;
 - f) 将所述温度简档与所述参考轨迹温度简档比较;
 - g) 重复d-f, 直到所述比较满足预定阈值为止;
 - h) 从所述轨迹子集识别与满足所述预定阈值的温度数据的唯一子集对应的气象数据点; 以及
 - i) 将所识别的气象数据点发送到所述FMS。
2. 如权利要求1所述的方法, 其中, 所述接收所述飞行器轨迹包括接收定义所述轨迹的航路点。
3. 如权利要求2所述的方法, 其中, 所述选择气象数据点的步骤包括提取与所述航路点关联的气象数据点。
4. 如权利要求1-3中任一项所述的方法, 其中, 生成所述参考轨迹温度简档包括对气象数据点的所述轨迹子集的所述温度数据执行曲线拟合。
5. 如权利要求1-3中任一项所述的方法, 其中, 生成所述温度简档包括对所述温度子集执行曲线拟合。
6. 如权利要求1-3中任一项所述的方法, 其中, 所述比较包括确定所述参考轨迹温度简档与所述温度简档之间的误差。
7. 如权利要求6所述的方法, 其中, 所述满足所述预定阈值包括所确定的误差小于预定量。
8. 如权利要求6所述的方法, 其中, 所述满足所述预定阈值包括查找具有最小误差的唯一子集。
9. 如权利要求1-3中任一项所述的方法, 其中, 所述选择温度数据的唯一子集的步骤包括选择以下数量的温度数据: 所述数量不大于可输入到所述FMS中的数据点数量。
10. 如权利要求1-3中任一项所述的方法, 其中, 所述飞行器轨迹包括多个阶段, 并且对于所述阶段的至少其中之一提供所述识别的气象数据点。

向飞行管理系统提供飞行器轨迹的气象信息的方法

技术领域

背景技术

[0001] 在许多当代飞行器中,可以考虑沿着飞行器飞行路径上的航路点处的天气数据以用于在飞行器飞行期间确定估算的到达时间和燃料消耗。例如,飞行管理系统(FMS)可以考虑在飞行器飞行中从地面站经由通信系统上载到FMS的或飞行员输入的风向、风速和温度数据。当可用天气数据的量很大并且可能包含沿飞行器飞行路径或其附近的多个点时,实时地使用此大量的数据存在实践中的限制。例如,FMS可能受限于可输入气象数据的数据点的数量。通常,将飞行路径数据作为起点、终点和或许一个或几个在途航路点提供到FMS。数据的此类局限性可能限制基于该数据的FMS预测的精度。另一个实践中的限制是,将该数据传送到飞行器的成本较高,目前这通过经由基于订购的专有通信系统(如,航空公司通信寻址和报告系统(ACARS))的传输来实现。

发明内容

[0002] 在一个实施例中,向飞行管理系统(FMS)提供飞行器轨迹的气象信息的方法包括:
a) 接收飞行器轨迹,b) 从气象数据库选择沿接收的轨迹的兼包含温度和风数据的气象数据点,以形成气象数据点轨迹子集,c) 由气象数据点的轨迹子集生成参考温度简档,d) 从该轨迹子集选择温度数据的唯一子集以定义气象数据点的温度子集,e) 由温度子集生成沿飞行器轨迹的温度简档,f) 将温度简档与参考温度简档比较,g) 重复d-f,直到比较满足预定阈值为止,h) 从轨迹子集识别与满足预定阈值的温度数据的唯一子集对应的气象数据点,以及i) 将识别的气象数据点发送到FMS。

附图说明

[0003] 在这些附图中:

[0004] 图1是用于实现飞行器飞行路径的飞行器轨迹的示意图形图示。

[0005] 图2是根据本发明实施例的方法的流程图;

[0006] 图3是根据图2流程图的示范温度数据、参考温度简档、选择的温度数据的唯一子集、和从温度数据的唯一子集生成的温度简档的图形图示。

具体实施方式

[0007] 飞行器的飞行路径一般包括爬升、巡航和下降。虽然是在从起飞到着陆的全飞行路径的上下文中描述的,但是本发明可应用于全飞行路径的全部或任何部分,包括对原始飞行路径的飞行中的更新。出于此描述的目的,将使用全飞行路径示例。

[0008] 大多数当代飞行器包括用于生成飞行路径轨迹10和使飞行器沿飞行路径轨迹10飞行的飞行管理系统(FMS)。FMS可基于命令、航路点数据和诸如气象数据的附加信息自动地生成飞行路径轨迹10,所有这些可以从航空公司运行中心(AOC)或从飞行员接收。可使用

通信链路将此类信息发送到飞行器。通信链路可以是任何种类的通信机制,包括但不限于分组无线电和卫星上行链路。作为非限制性示例,飞行器通信寻址和报告系统(ACARS)是用于经由无线电或卫星在飞行器与地面站之间传输消息的数字数据链路系统。还可由飞行员输入信息。

[0009] 图1是采用飞行器轨迹10形式的飞行器的飞行路径的示意图示。轨迹开始于轨迹起点12,如起飞机场,并结束于轨迹终点14,如目的地机场。起点12与终点14之间的穿越包括爬升阶段16、巡航阶段18和下降阶段20,这些全部包含在轨迹10中。

[0010] 通常将爬升阶段、巡航阶段和下降阶段作为数据点输入到FMS。出于此描述的目的,术语数据点可包括任何类型的数据点,包括航路点、在途航路点和高度,以及不限于特定的地理位置。例如,数据点可以仅是高度或它可以是由任何坐标系(例如,经度和纬度)表示的特定的地理位置。作为非限制性示例,数据点可以是3-D或4-D;飞行器轨迹10的三维描述定义任何给定时间点处飞行器在3D空间中的位置。每个数据点可包含关联的信息,例如可包含温度数据和风数据的气象数据。

[0011] 对于爬升,可以输入与爬升的顶部22处的高度A对应的数据点;对于巡航,可以输入在途航路点B;以及对于下降,可以从下降的顶部24起输入多个不同高度。在起飞之后,飞行器通常保持爬升阶段16,直到爬升的顶部22,然后在巡航阶段18期间它遵循在途航路点,直到下降的顶部24,在此处它然后开始下降阶段20。爬升阶段16和下降阶段20中的高度A是在这些阶段期间飞行器使其轨迹10达到此类高度的意义上的航路点。在途航路点B可以基于沿着飞行器的轨迹10的地面导航协助(Navaids)的位置来选择。可以理解,在巡航阶段18期间,可能存在高度上的一些改变,尤其是对于跨大陆飞行,跨大陆飞行中飞行器可能改变其海拔以利用盛行风(例如,急流)或将盛行风的影响降低到最小,以便随着燃料燃耗爬升到更高的高度或避免湍流。

[0012] 还可以在轨迹10中包含附加的数据点,如伪航路点P,它们是为与轨迹10的参数有关的目的创建的人造参考点,并且不受限于地面导航协助。可以在设置了为轨迹建立数据点之前或之后定义它们。可以采用多种方式定义伪航路点,如通过纬度和经度或通过沿着当前轨迹的指定距离,如沿着航迹的航路点。

[0013] 可以为任何数据点输入气象数据。此类气象数据改善FMS飞行预测。气象数据可以从气象数据库获取,气象数据库可以包含实时气象或预报的气象数据。此类气象数据库可以包含有关某些气象有关的现象(尤其例如,风速、风向、温度)的信息和有关能见度(例如,多雾、多云等)、降水量(雨、冰雹、雪、冻雨等)和其他天气信息的数据。因为在轨迹计算中必须精确地考虑空气温度和风以确保飞行器将符合预测轨道的轨迹,所以气象数据库可以包含当地空域的3-D实时温度和风模型以及4-D预测数据。气象数据库可以存储基于特定经度、纬度和高度的此类实时或预报的气象数据。

[0014] 虽然使用来自与轨迹上的期望数据点对应的气象数据库的数据点的气象数据通常是最精确的,但是数据库中可能未将每个经度、纬度和高度均考虑到,并且对于美国和欧洲的大陆上的点可能存在更精细分辨率的气象数据,例如每2km的气象数据,而对于大西洋上的点可能存在降低的分辨率。气象数据库的每个数据点并非一定依附于轨迹10。当气象数据库没有与轨迹上的数据点对应的数据点时,可以内插可用的气象数据以获得依附于轨迹的气象数据,并且可以将内插的气象数据输入到FMS中。作为备选,可以将来自对于轨迹

上的数据点最接近的气象数据点的气象数据输入到FMS。

[0015] 拥有精确的气象数据是重要的,因为飞行器轨迹附近的气象简档的贴近表示将产生更精确的FMS预测,从而促成飞行器燃油使用量和到达时间的估算提高。用来制备气象简档的气象数据越新,气象简档就越精确。

[0016] 但是,将来自气象数据库的所有相关气象数据从地面站提交到FMS的能力可能受限于FMS本身,因为FMS通常限制飞行轨迹上可输入气象数据并最终在轨迹预测中使用的数据点的数量。例如,FMS可仅允许在途航路点处插入的气象数据,并且仅允许爬升和/或下降中有限数量的高度。在许多FMS中,虽然气象数据库可对于该轨迹有数百个相关数据点,但是允许的数据点的总数小于10。因此,提供精确的气象数据可能是难题,因为FMS只有有限数量的、它可接收的数据点。

[0017] 再者,气象数据的时效性是有限的,因为从地面到飞行器的通信链路可能只有有限带宽可用于传送与飞行器飞行轨迹有关的大量气象数据,并且在任何情况下,将很大量的数字数据传送到飞行器都可能成本高昂。目前大多数系统是基于订购的,这对于数据传输有较高的关联费用。作为非限制性示例,目前存在通过ACARS发送每个字符或字节的计费。因此,将最新气象数据传送到FMS的成本也是实践中的限制。随飞行持续时间增加,缺乏最新气象数据变得越来越成问题。

[0018] FMS执行的最精确的轨迹预测是使用沿飞行路径轨迹10可用的所有气象数据的轨迹预测。但是,对可输入到FMS中的数据点的限制、向飞行器实时发送数据的成本以及缺乏沿着飞行计划的实际气象数据均对FMS中使用精确的气象数据以及实时地更新气象数据构成实践中的限制。下文描述的方法通过向FMS提供精简集合的气象数据点来解决与这些实践中的限制关联的局限,该精简集合的气象数据点保留关键气象属性,并使FMS能够基于此信息改进其飞行预测。

[0019] 本发明方法的实施例确定并向FMS发送精简集合的气象数据点。更确切地说,本实施例一般可以描述为选择沿轨迹的气象数据点以形成轨迹子集,从轨迹子集选择温度数据的唯一子集,由温度子集生成温度简档,将温度简档与轨迹子集比较,以及重复唯一温度子集的选择,生成温度简档和将其与轨迹子集比较,直到比较满足预定阈值为止,然后识别与满足预定阈值的温度数据的唯一子集对应的气象数据点,并将这些气象数据点发送到FMS。

[0020] 根据本发明的实施例,图2图示将飞行器轨迹的精简子集的气象数据点提供到FMS的方法100。所示的步骤的顺序仅是出于说明目的,不意味着以任何方式限制方法100,因为要理解在不背离本发明的前提下,这些步骤可以按不同的逻辑次序进行,或者可以包含附加的或介入的步骤。可设想,可以在地面上的系统中执行此类方法100或方法100的多个部分,并且可以经由通信链路将相关输出发送到飞行器的FMS。

[0021] 方法100起始于在102处接收预测飞行器轨迹。这可以包括接收定义轨迹的起点和终点以及航路点。可以由飞行器上的FMS预测轨迹,并将其下行链路到地面系统,或可以由单独的基于地面的轨迹预测系统来生成轨迹。

[0022] 在104处,处理轨迹,并从全气象数据库中选择沿着接收的轨迹的气象数据点以形成气象数据点的轨迹子集。实质上,查询气象预报数据库以查找沿轨迹的数据点。这可以包括选择与轨迹的航路点关联的气象数据点。气象预报数据应该采用轨迹的区域中的3D或4D

格式,对应于所使用的3D或4D轨迹。以此方式,从气象预报数据库沿着接收的轨迹可提取气象预报数据点以形成气象预报数据点的轨迹子集,此类气象数据点的轨迹子集包括比FMS能够使用的更多的气象数据,即,轨迹子集中的数据点将包含比在途航路点和/或高度更多的点。

[0023] 该系统将从气象数据库获取沿轨迹的气象数据(如果气象数据库是该系统的一部分,则气象数据可以位于可经由气象数据库访问的气象服务器上)或从气象提供商获取沿轨迹的气象数据,以获得沿着轨迹的3维或4维气象更新。如果气象数据点位于距离轨迹预定的地理距离内,则可以将该气象数据点视为沿着轨迹。作为非限制性示例,对于特定轨迹提取的气象数据点可以在轨迹的位置的2-5公里内。在不存在与数据点关联的气象数据的情况下,可以使用两个最接近气象数据点之间的内插。因此,轨迹气象数据点仅可以包含依附于飞行器轨迹的气象数据点和内插的气象预报数据点。这些气象数据点可以随关联的气象数据包含空间位置。气象数据可以包含如下的至少其中之一:风速、风向、空气温度、湿度和大气压数据元素。

[0024] 在106处,从气象数据点的轨迹子集提取温度数据,以及据此生成参考轨迹温度简档。生成参考轨迹温度简档可以包括对数据点的轨迹子集的温度数据执行曲线拟合。可以使用任何适合的曲线拟合方法。

[0025] 在108处,从气象数据点的轨迹子集选择温度数据的唯一子集以定义轨迹气象数据点的温度子集。即,系统从这些轨迹气象数据点提取温度数据的唯一子集以形成温度子集。选择温度数据点的唯一子集可以包括选择如下数量的温度数据点:该数量不大于可输入到FMS中的数据点数量。

[0026] 在110处,可以由温度数据点的唯一子集沿着飞行器轨迹生成温度简档。生成温度简档可以包括对温度数据点的唯一子集执行曲线拟合。可以使用任何适合的曲线拟合方法。方法100在112处接着将温度简档与106处生成的参考温度简档比较。该比较可以包括确定温度简档与参考轨迹温度简档之间的误差或残差。

[0027] 在114处,确定比较是否满足预定阈值。术语“满足”阈值在本文中用于表示差异满足预定阈值,如等于或小于阈值。将理解,这种确定可以容易地更改为通过肯定/否定比较或真/假比较来满足。该阈值可以通过实验方式确定,以及可设想用户可以针对逼近的简档微调预定阈值以适应其需求。例如,在较短的飞行中,具有较大的误差可能是可接受的,因为这些误差不会像在较长的飞行中那样长时间地传播。

[0028] 如果比较不满足阈值,则方法100返回到108,在108处,选择更新的温度数据的唯一子集以定义更新的温度子集,在110处由更新的温度数据的唯一子集生成更新的温度简档,在112处将更新的温度简档与参考轨迹温度简档比较,并再次确定比较是否满足预定的阈值。重复这些步骤,直到比较满足阈值为止。作为备选,可设想并非比较满足阈值为止,而是可以将步骤重复到评估了所有温度数据的唯一子集或满足任何其他适合的退出准则为止。

[0029] 在比较确定温度简档与参考温度简档之间的误差的情况下,可设想满足预定阈值可以包括确定的误差小于预定量。作为备选,满足预定阈值可以包括查找具有最小误差的唯一子集。发现此类温度数据点的唯一子集可以包括将子集中的一个点替代另一个点或将附加的温度数据点添加到该唯一子集。可设想,唯一温度子集的此类变化可以运行到找到

具有最小误差或具有的误差低于预定阈值的子集为止。

[0030] 可以考虑诸如与该子集中的任何其他点的最小距离的约束。上文的方法还可以将多种用户约束纳入考虑,并将针对用户约束的给定集合优化温度数据点的唯一子集。作为非限制性示例,可以由用户设置数据点阈值,其定义可发送到FMS的数据点的最大数量。作为非限制性示例,FMS系统可以具有5个气象数据点的预定数据点阈值;因此用户可以将数据点阈值设为限制温度数据点子集中的数据点的量。用户可以出于成本原因设置小于FMS可接受的数据点的量的限制。

[0031] 一旦比较满足阈值,则方法接着到116,在116处从轨迹气象数据子集中识别与满足预定阈值的温度数据的唯一子集对应的气象数据点。即,识别与该温度数据点的唯一子集对应的、具有关联的气象数据的空间位置的气象数据点,这些关联的气象数据可以包括风速、风向、空气温度、湿度和/或大气压数据元素。

[0032] 在118处,可以将识别的气象数据点输出到FMS。可设想,可以将信息重新格式化成用户需要的格式,以及可以在118处输出这种重新格式化的信息。例如,方法100中使用的内部计算可以使用按气象位置坐标行进的距离,但是接收该信息的FMS可能需要特定经度/纬度位置处的气象输入。因此,可设想,方法100可以包括数据表示之间的转换以便采用FMS的适合格式输出信息。

[0033] 可设想可对于飞行的至少一个阶段(爬升16、巡航18和下降20)来计算识别的气象数据点,并且可以同时计算整个轨迹的识别的气象数据点或可以独立地计算每个阶段。可设想,步骤104-118在地面站处执行,并在118处经由通信链路以无线方式传送到机载FMS。可设想可以在飞行器飞行中或在地面时将识别的气象数据点传送到飞行器。因此,发送到FMS的数据可以包含可最佳地表示飞行器飞行期间将遇到的气象的有限气象数据。

[0034] 作为非限制性示例,图3以图形方式图示来自气象数据点的轨迹子集的温度数据202及由此生成的参考轨迹温度简档204。图示的还 有温度数据点的唯一子集206和由温度子集206生成的温度简档208。正如可理解的,可选择不同的温度数据点的唯一子集206直到温度简档208与参考轨迹温度简档204之间的残差满足预定阈值为止。

[0035] 上文描述的实施例处理大规模气象信息并计算要提供到FMS的精简的数据集合。本发明将许多FMS只有有限的存储器可用于存储此数据并且只能接收有限数量的元素以用于轨迹预测纳入考虑。这种识别的气象数据点使得FMS能够基于飞行器飞行期间将遇到的气象的精简的气象信息创建更精确的轨迹。

[0036] 本书面描述使用示例来公开包括最佳模式的本发明,以及还使本领域技术人员能实践本发明,包括制作和使用任何装置或系统及执行任何结合的方法。本发明可专利的范围由权利要求定义,且可包括本领域技术人员想到的其它示例。如果此类其它示例具有与权利要求字面语言无不同的结构要素,或者如果它们包括与权利要求字面语言无实质不同的等效结构要素,则它们规定为在权利要求的范围之内。

[0037] 部件表

[0038] 10 轨迹; 12 轨迹起点; 14 轨迹终点

[0039] 16 爬升阶段; 18 巡航阶段; 20 下降阶段

[0040] 22 爬升的顶部; 24 下降的顶部

[0041] 100 方法

-
- | | | |
|--------|-----|-----------------------|
| [0042] | 102 | 接收预测的飞行器轨迹 |
| [0043] | 104 | 处理轨迹,并选择沿着接收的轨迹的气象数据点 |
| [0044] | 106 | 提取温度数据 |
| [0045] | 108 | 选择温度数据点的唯一子集 |
| [0046] | 110 | 可以生成温度简档 |
| [0047] | 112 | 比较温度简档 |
| [0048] | 114 | 确定比较是否满足预定阈值 |
| [0049] | 202 | 温度数据 |
| [0050] | 204 | 参考轨迹温度简档 |
| [0051] | 206 | 温度数据点的子集 |
| [0052] | 208 | 温度简档 |

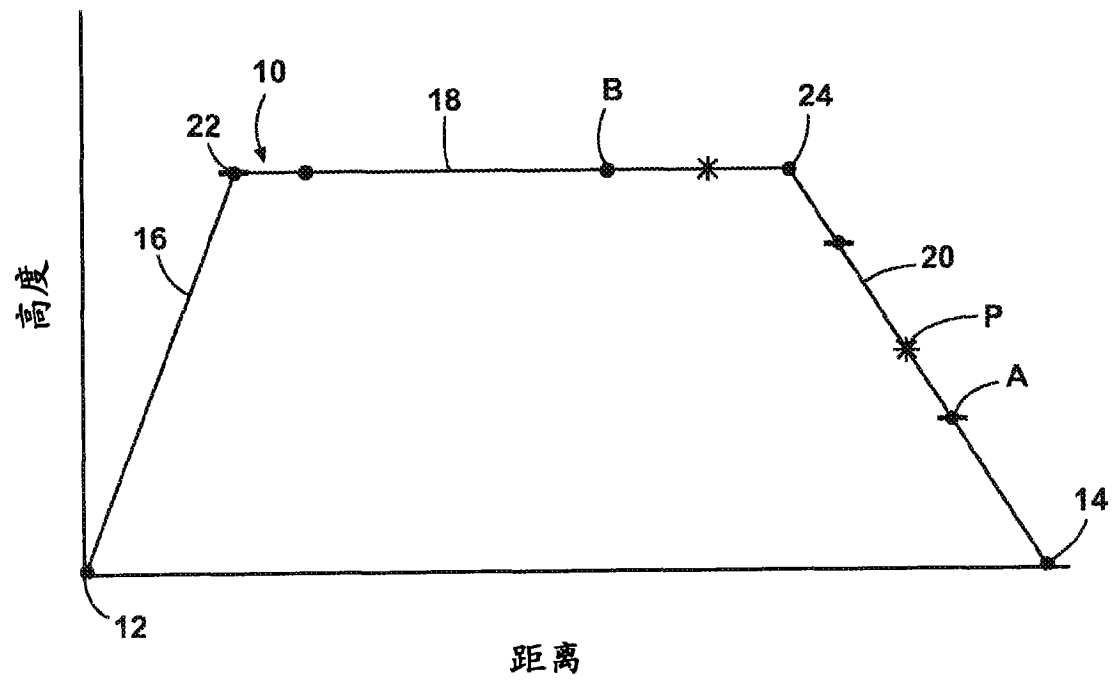


图1

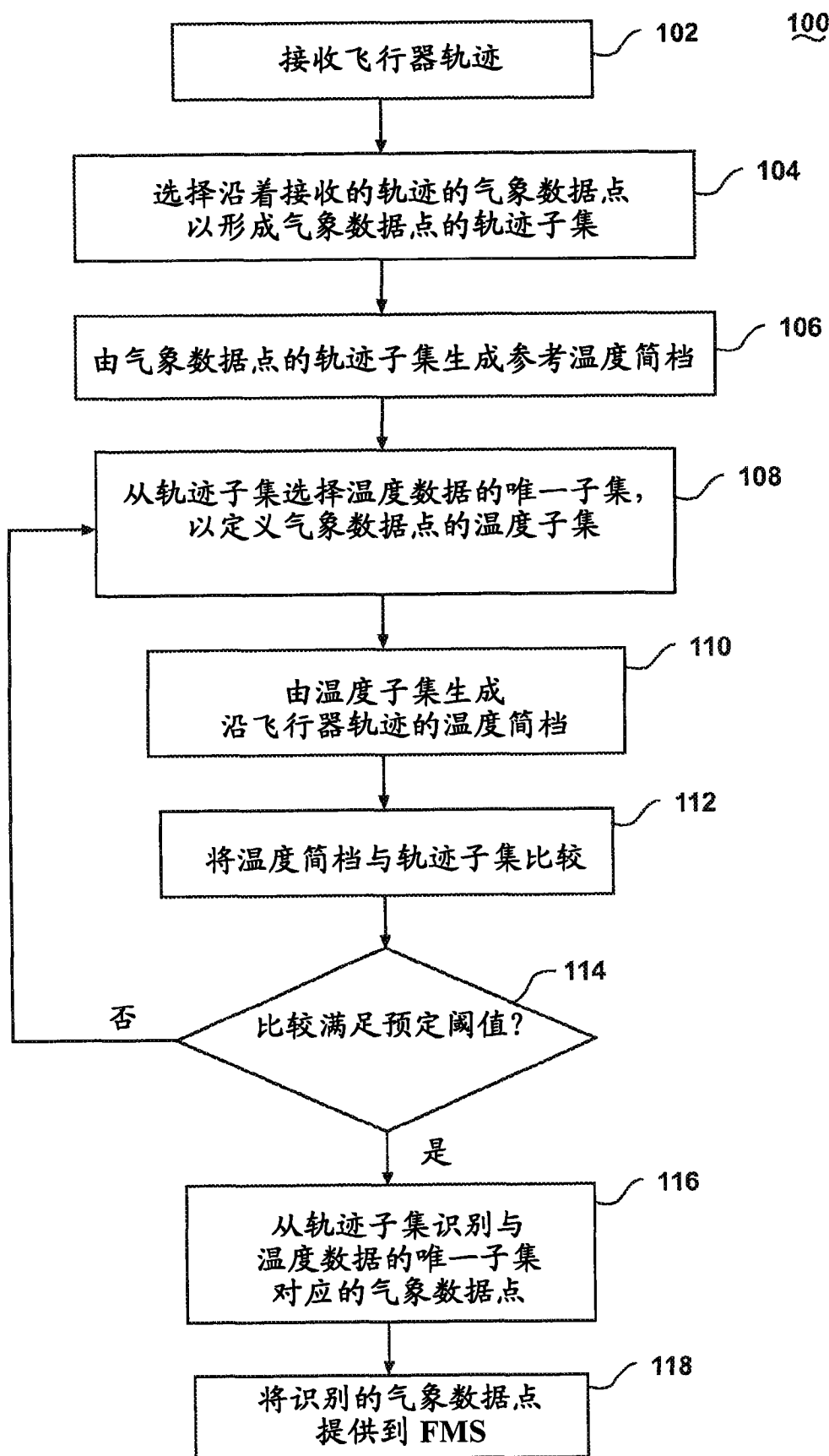


图2

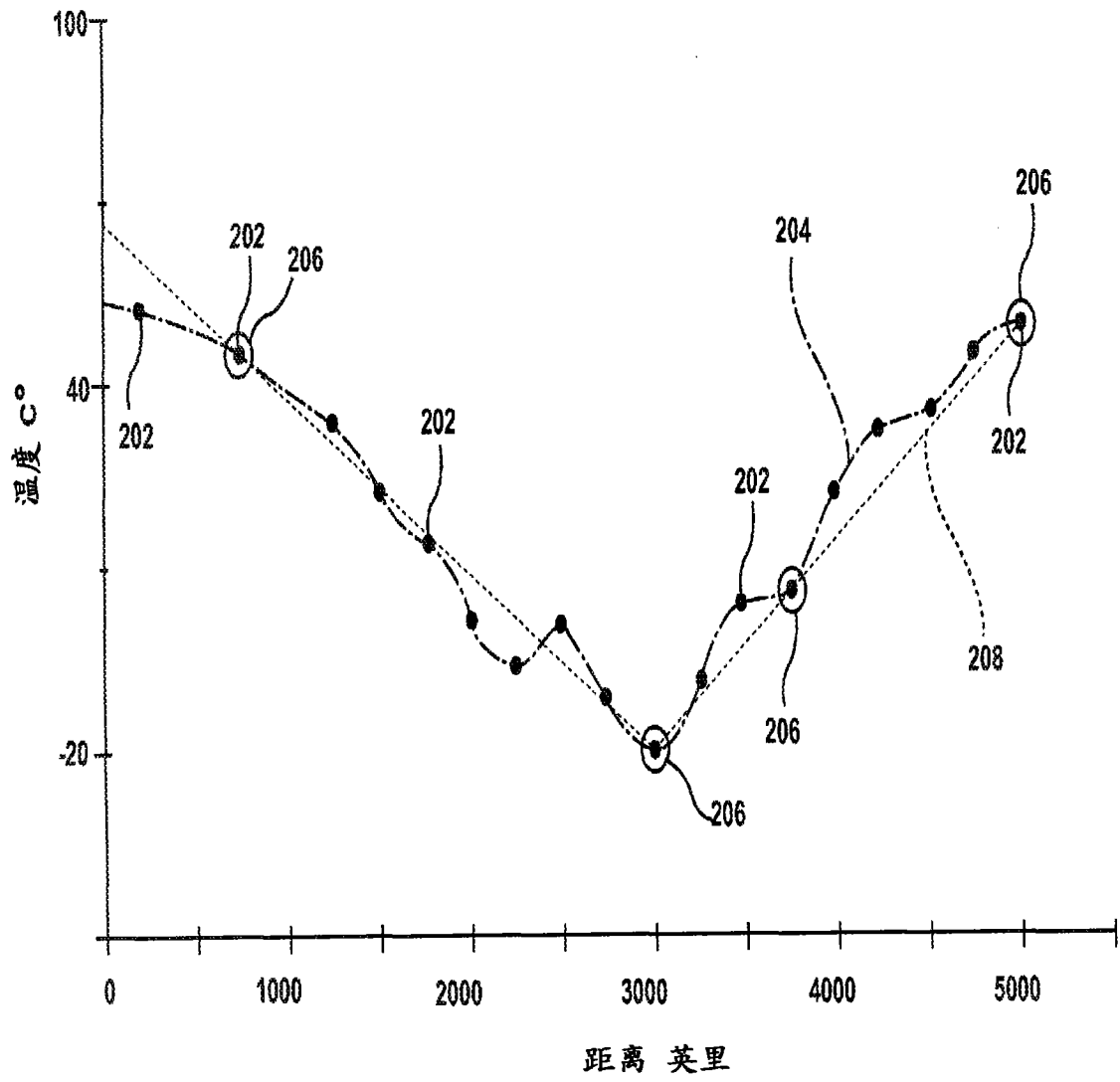


图3